

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-008486

(43)Date of publication of application : 12.01.2001

(51)Int.Cl.

H02P 6/16
B66B 1/30

(21)Application number : 11-171921

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI BUILDING SYSTEMS CO
LTD

(22)Date of filing : 18.06.1999

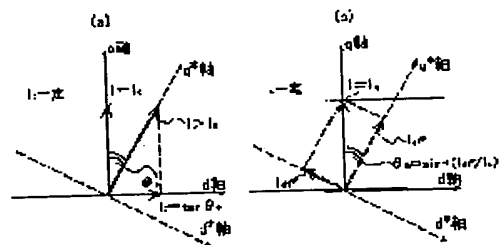
(72)Inventor : NAKADA TAKANORI
NIHEI HIDEKI
NAGASE HIROSHI
ONUMA NAOTO
SUZUKI YASUTAKA

(54) CONTROLLER FOR PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely correct the phase with a simple constitution by controlling d-axis current, so that the current of an armature becomes minimum when load torque is constant and correcting the rotary position of a magnetic pole.

SOLUTION: In a device, a current I of an armature becomes equal to I_q and becomes minimum, when a d-axis current command I_d^* is controlled to be zero, when a phase error θ_e does not exist when load torque is constant. However, if the phase error θ_e to exist, a d-axis current of $I_d = I_q \tan \theta_e$ flows, if it is controlled to $I_d = 0$. Thus, it becomes $I > I_q$, and the current of the armature does not become minimum. Thus, the d-axis current command I_d^* is controlled, the current of the armature is changed, and a minimum value I_{min} is searched. The current I_{min} of the armature at the time of the minimum value is considered to be the q-axis current I_q , when the error does not exist. The error θ_e is calculated from the d-axis current command value I_{d1}^* at that time. Then, phase correction is made precisely with a simple constitution, and the device can be driven without dropping the characteristic of a permanent magnet synchronous motor.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

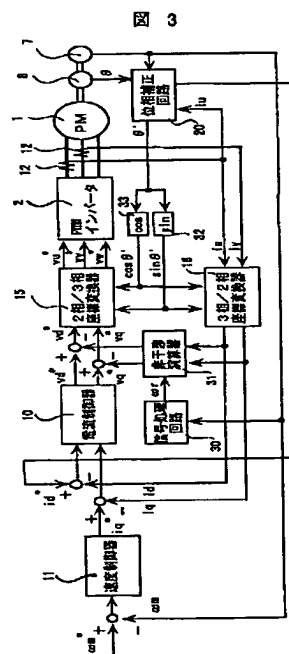
[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



【特許請求の範囲】

【請求項 1】永久磁石を設けた回転子と巻線を設けた電機子からなる永久磁石式同期モータと、前記回転子の磁極の回転位置を検出する磁極位置検出器と、前記回転子の回転速度を検出する速度検出器と、前記電機子に流れる電流値を検出する電流検出器と、前記永久磁石式同期モータの電流制御及び速度制御を行う制御装置とで構成され、負荷トルクが一定時に、前記電機子電流が最小値となるように d 軸電流を制御して、磁極の回転位置を補正する手段を有することを特徴とする永久磁石式同期モータの制御装置。

【請求項 2】永久磁石を設けた回転子と巻線を設けた電機子からなる永久磁石式同期モータと、前記回転子の磁極の回転位置を検出する磁極位置検出器と、前記回転子の回転速度を検出する速度検出器と、前記電機子に流れる電流値を検出する電流検出器と、前記永久磁石式同期モータの電流制御及び速度制御を行う制御装置とで構成され、負荷トルクが一定時に、前記電機子電流が最小値となるように電機子電流の位相を制御して、磁極の回転位置を補正する手段を有することを特徴とする永久磁石式同期モータの制御装置。

【請求項 3】永久磁石を設けた回転子と巻線を設けた電機子からなる永久磁石式同期モータと、前記回転子の磁極の回転位置を検出する磁極位置検出器と、前記回転子の回転速度を検出する速度検出器と、前記電機子に流れる電流値を検出する電流検出器と、前記永久磁石式同期モータの電流制御及び速度制御を行う制御装置とで構成され、負荷トルクが一定時に、前記回転子の速度が一定であることを検出する手段と、d 軸電流の指令値を制御する手段と、該 d 軸電流の指令値及び前記電機子電流を記憶する手段と、前記電機子電流の最小値とこのときの d 軸電流の指令値から磁極の回転位置の誤差角を算出し、磁極の回転位置を補正する手段を有することを特徴とする永久磁石式同期モータの制御装置。

【請求項 4】永久磁石を設けた回転子と巻線を設けた電機子からなる永久磁石式同期モータと、前記回転子の磁極の回転位置を検出する磁極位置検出器と、前記回転子の回転速度を検出する速度検出器と、前記電機子に流れる電流値を検出する電流検出器と、前記永久磁石式同期モータの電流制御及び速度制御を行う制御装置とで構成され、負荷トルクが一定時に、前記回転子の速度が一定であることを検出する手段と、前記電機子電流の位相を制御する手段と、該電機子電流の位相及び前記電機子電*

$$T = \Phi I_a + (L_d - L_q) I_d I_q$$

ここで、 Φ ：磁束、 L_d 、 L_q ：d、q 軸インダクタンス、

I_d 、 I_q ：d、q 軸電流。

【0006】電機子電流 I と d、q 軸電流には、以下の※

$$I = \sqrt{I_d^2 + I_q^2}$$

* 流を記憶する手段と、前記電機子電流の最小値のときの位相から磁極の回転位置の誤差角を算出し、磁極の回転位置を補正する手段を有することを特徴とする永久磁石式同期モータの制御装置。

【請求項 5】請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項記載の永久磁石式同期モータの制御装置であって、前記永久磁石式同期モータでエレベータを駆動し、据え付け時や保守点検時に、前記磁極の回転位置を補正する手段を有することを特徴とする永久磁石式同期モータの制御装置。

10 【請求項 6】請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項記載の永久磁石式同期モータの制御装置であって、前記永久磁石式同期モータでエレベータを駆動し、所定の階床間運転時に前記磁極の回転位置を補正する手段を有することを特徴とする永久磁石式同期モータの制御装置。

【請求項 7】請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項記載の永久磁石式同期モータの制御装置であって、前記永久磁石式同期モータでエレベータを駆動し、かご呼びの無いときや乗りかごに乗客が無い時の走行運転中に前記磁極の回転位置を補正する手段を有することを特徴とする永久磁石式同期モータの制御装置。

20 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、永久磁石式同期モータの制御装置に関わり、特に磁極位置検出器の取り付け誤差による位相補正を行う永久磁石式同期モータの制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の永久磁石式同期モータの制御装置は、例えば特許公報 特開平10-80188 号に示されるように構成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】永久磁石式同期モータのトルクや速度を制御するには、正確な磁極位置を知る必要があるが、磁極位置検出器の磁極位置合わせ時や製作上の誤差により、検出器の磁極位置と、実際の磁極位置に誤差が生ずる。この誤差を含んだ磁極位置に基づいて電流やトルクが制御されると、力率や効率などのモータ特性が低下する恐れがある。

【0004】永久磁石式同期モータの発生トルク T は、次式で表される。

【0005】

【数 1】

… (1)

※関係が成り立つ。

【0007】

【数 2】

… (2)

【0008】円筒機の場合は、 $L_d = L_q$ であるから、トルクは

$$T = \phi I_q$$

となり、 q 軸電流のみに比例する。 d 軸電流 I_d を0として制御すると、 q 軸電流は、電機子電流 I に等しい。
【0010】ここで、図1のように、モータの磁極位置と磁極位置検出器8に誤差 θ_e があると、指令軸 $d^* q^*$ ※

$$T = \phi I_q = \phi I \cos \theta_e$$

となり、 $\cos \theta_e$ の分だけ減少することになる。逆に、誤差がない場合と同じトルクを出すためには、 $1/\cos \theta_e$ だけ電機子電流が多く必要になり、モータ効率や力率が低下することになる。 θ_e は、 q^* 軸が q 軸に対して、反時計回りにずれる方向を正とする。

【0012】従来例では、この取り付け誤差による位相ずれの補正方法として、永久磁石式同期モータの電圧、電流、速度及びモータ定数を用いて位相補正値を算出している。

【0013】この方法では、電圧を測定する場合、電圧検出器が必要になり、コストが高くなってしまうという欠点がある。また、電圧値を、制御に用いる $d-q$ 軸電圧成分で代用する方法が提案されているが、正確な電圧値を知るためには、巻線抵抗、インダクタンスや誘起電圧分など正確なモータ定数の算定が必要である。しかし、温度変化などにより、モータ定数は変動する。したがって、モータ定数から算定する電圧値は、実際の電圧値とは異なる可能性がある。すなわち、 $d-q$ 軸電圧成分を用いて算定した位相補正値には、誤差が含まれることになる。

【0014】本発明は、電圧検出器を付加することなく、簡単な構成で正確に位相補正を行い、永久磁石式同期モータの特性を低下することなく運転することができる永久磁石式同期モータの制御装置を得ることを課題とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】永久磁石を設けた回転子と巻線を設けた電機子からなる永久磁石式同期モータと、前記回転子の磁極の回転位置を検出する磁極位置検出器と、前記回転子の回転速度を検出する速度検出器と、前記電機子に流れる電流値を検出する電流検出器と、前記永久磁石式同期モータの電流制御及び速度制御を行う制御装置とで構成され、負荷トルクが一定時に、前記電機子電流が最小値となるように d 軸電流を制御し★

$$\theta_e = \sin^{-1}(I_{d1}^*/I_q)$$

また、最小電機子電流値の時の q 軸電流指令 I_{q1}^* を用いて、次のように表すこともできる。

$$\theta_e = \tan^{-1}(I_{d1}^*/I_{q1}^*)$$

以上の手段を用いれば、モータ定数を用いた電圧値を用いることなく、電流値のみから簡単に位相誤差を算定することができる。

【0022】図3に本発明の永久磁石式同期モータの制

*【0009】

*【数3】

…(3)

※とモータ軸 $d q$ にずれが生じ、トルクは、

【0011】

【数4】

…(4)

★て、磁極の回転位置を補正する手段を有した永久磁石式同期モータの制御装置とすることにより上記課題は解決される。

【0016】また、永久磁石を設けた回転子と巻線を設けた電機子からなる永久磁石式同期モータと、前記回転子の磁極の回転位置を検出する磁極位置検出器と、前記回転子の回転速度を検出する速度検出器と、前記電機子に流れる電流値を検出する電流検出器と、前記永久磁石式同期モータの電流制御及び速度制御を行う制御装置とで構成され、負荷トルクが一定時に、前記電機子電流が最小値となるように電機子電流の位相を制御して、磁極の回転位置を補正する手段を有した永久磁石式同期モータの制御装置とすることにより上記課題は解決される。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明における誤差検出の原理を図2を用いて説明する。

【0018】負荷トルクが一定のとき、すなわち q 軸電流が一定量 I_q 必要であるとする。このときに位相誤差 θ_e が無いとすると、 d 軸電流指令 I_d^* を0に制御した場合、電機子電流 I は、 I_q に等しくなり最小となる。しかし、図2のように位相誤差 θ_e があったとすると、 $I_d^* = 0$ に制御した場合、 $I_d = I_q \tan \theta_e$ の d 軸電流が流れてしまうため、 $I > I_q$ となり、電機子電流は最小とならない。そして、電機子電流が最小となるのは、図中の I_{d1}^* に制御したときである。

【0019】従って、トルク一定条件のときに、 d 軸電流指令 I_d^* を制御して、電機子電流を変化させて最小値 I_{d1} を探し出す。そして、この最小値の時の電機子電流 I_{d1} を誤差がないときの q 軸電流 I_q と考えて、この q 軸電流 I_q と、このときの d 軸電流指令 I_{d1}^* から、次式により誤差 θ_e を算出することができる。

【0020】

【数5】

…(5)

☆【0021】

【数6】

…(6)

御装置の実施例を示す。

【0023】永久磁石式同期モータ1には、エレベータ速度の検出を行う速度検出器7と、永久磁石式同期モータ1の磁極位置の検出を行う磁極位置検出器8が接続さ

れている。速度検出器7には、光学式エンコーダやレゾルバなどが用いられる。磁極位置検出器8には、ホール素子や出力信号を磁極位置・磁極ピッチに合わせて出力するようにした光学式エンコーダなどが用いられる。図示の例では、速度検出器7と磁極位置検出器8を機能別に分けたが、同一の機器としてもよい。

【0024】速度制御器11では、速度指令値 ω_r^* と、速度検出器7からの速度帰還値 ω_r の偏差に基づいて、トルク指令を演算し、さらにq軸電流指令 I_q^* を演算する。一方、d軸電流設定器21により、d軸と同方向の電流成分であるd軸電流指令 I_d^* が演算される。永久磁石同期モータ1では、磁石によるd軸束が確立されているので、d軸電流指令 I_d^* は通常0として制御する。モータの端子電圧の抑制や力率を制御するため、d軸電流をd軸と逆方向に流す、いわゆる弱めd軸制御を行うこともできる。

【0025】位相補正回路20では、後述する方式で磁極位置検出器の取り付け誤差を検出し、誤差分補正後の位相信号 θ' を出力する。

【0026】3相/2相座標変換器16では、電流検出器12からの3相電流帰還値 I_u, I_v 、及び位相補正回路20からの位相信号 θ' から、q軸電流 I_q とd軸電流 I_d に変換される。q軸電流指令 I_q^* とq軸電流 I_q の偏差及びd軸電流指令 I_d^* 及びd軸電流 I_d の偏差をとり、電流制御器10においてq軸電圧の指令値 V_q^* 、d軸電圧の指令値 V_d^* が演算される。これらの電圧指令 V_q^*, V_d^* 及び位相信号 θ' に基づいて、2相/3相座標変換された3相電圧指令 V_u^*, V_v^*, V_w^* が出力される。3相電圧指令 V_u^*, V_v^*, V_w^* はPWMインバータ2に入力され、これらの電圧指令に基づいて出力電圧をPWM制御し電流を制御する。

【0027】以上のようにして、永久磁石同期モータ1に交流電流が供給されることにより永久磁石同期モータ1にトルクが発生する。

【0028】本実施例の永久磁石同期モータの制御装置の構成にすれば、電流制御器10に入力される磁極位置信号は、検出誤差がなく正確な磁極位置を把握することができるので、特性を低下させることなく、永久磁石同期モータを運転させることができる。

【0029】図4と図5を用いて、具体的な位相補正の回路構成及び手順を説明する。図4は、位相補正回路のブロック図である。図5は、位相補正手順を表すフローチャートである。

【0030】まず、位相補正モード切替器24には、位相補正モード運転と通常運転の切替スイッチ25が設けられている。磁極位置検出器の取り付け後など始動時に、作業者は位相補正モード運転に切り替えて位相補正を行う。位相補正モード切替スイッチ24では、まず、ステップ91で位相補正モードかどうかを判定し、位相補正モードであれば、次のステップ92へ進む。位相補

正モードでなければ終了する。

【0031】ステップ92では、モータの運転を開始し、ロータの回転速度が一定になるまで監視する。ロータの回転速度が一定であることを検出後、スイッチ25を接点26aと接点27aに接続して位相補正モードに切り替える。通常運転時には、スイッチ25は接点26bと接点27bに接続され、d軸電流指令は $I_d^*=0$ を出力する。接点26aには、d軸電流設定器23がつながれている。

【0032】ステップ93で、速度は保ったまま、d軸電流設定器23にて、所定のパターンに従ってd軸電流指令を制御する。このときの電機子電流の値を、電流値記憶回路22に取り込み記憶する(ステップ94)。

【0033】そして、ステップ95で最小電流値を抽出し、この最小電流値を実際のq軸電流 I_q として設定する。位相補正值演算回路21に、q軸電流 I_q と、その時のd軸電流指令 I_d^* が入力され式(5)に基づき位相誤差 θ を演算し終了する(ステップ96)。

【0034】位相補正モード終了後は、スイッチ25を接点26bと接点27bに戻し、通常運転に戻す。以後は、d軸電流指令は $I_d^*=0$ を出力し、磁極位置検出器8からの位相信号 θ に、位相誤差 θ を補正した位相量 θ' がベクトル制御に用いられる。

【0035】以上のような方式によれば、電圧検出器を付加することなく、簡単な構成で正確に位相補正を行い、永久磁石同期モータの特性を低下することなく運転することができる。

【0036】図6に本発明の永久磁石同期モータの制御装置のエレベータへの実施例を示す。図6において、巻上機3にはロープ6がかけられており、ロープ6の一端にはかご4が、他端には釣り合い錘5が接続されている。巻上機3が回転することにより、かご4が上下移動する、いわゆるつるべ式のエレベータが構成されている。巻上機3には永久磁石同期モータ1が結合されており、永久磁石同期モータ1の駆動トルクにより巻上機3が回転する。巻上機3には、図示していないが、ブレーキ装置やギア、減速機が取り付けられる。巻上機3はギア、減速機がない、いわゆるギアレス巻上機でもよい。その他の構成は、図3に示した実施例と同様である。

【0037】永久磁石同期モータ1に交流電流が供給されることにより永久磁石同期モータ1にトルクが発生し、永久磁石同期モータ1に結合された巻上機3が回転する。エレベータは、乗客の乗降が無いと考えると、定負荷とみなすことができる。従って、本発明の位相補正方式が有効に活用できる。本実施例のエレベータ装置の構成にすれば、電圧検出器を付加することなく、簡単な構成で正確に位相補正を行い、正確な磁極位置を把握することができるので、モータ特性を低下させることなく、エレベータを運転させることができる。

【0038】図7に本発明の他の永久磁石式同期モータの制御装置を示す。

【0039】本実施例では、位相を直接制御することにより、電機子電流を制御し位相補正を行う。その他の構成は、図3に示した実施例と同様である。本実施例によれば、電圧検出器を付加することなく、簡単な構成で正確に位相補正を行い、永久磁石式同期モータの特性を低下することなく運転することができる。

【0040】図8は、図7に示した位相補正回路のブロック図である。図9は、図8の位相補正手順を表すフローチャートである。図8と図9を用いて、具体的な位相補正の回路構成及び手順を説明する。

【0041】ステップ92までは、図5と同様の手順である。ステップ92でロータの回転速度が一定であることを検出後、スイッチ25を接点26aと接点27aに接続して位相補正モードに切り替える。通常運転時には、スイッチ25は接点26bと接点27bに接続される。接点26aには、位相設定器23がつながれている。速度は保ったまま、位相設定器28にて、所定のパターンに従って位相 θ_1 を出力し、磁極位置検出器8からの位相信号 θ に加えることによってベクトル制御に用いられる位相信号を制御する(ステップ93)。このときの電機子電流の値を、電流値記憶回路22に取り込み記憶する(ステップ94)。そして、ステップ98で最小電流値を抽出し、この最小電流値の時の位相角 θ_1 を位相誤差 θ_e として終了する(ステップ95)。位相補正モード終了後は、スイッチ25を接点26bと接点27bに戻し、通常運転に戻る。以後は、磁極位置検出器8からの位相信号 θ に、位相誤差 θ_e を補正した位相量 θ' がベクトル制御に用いられる。本実施例によれば、位相誤差を求めるのに複雑な演算が必要ないので、さら*

*に簡単に正確に位相補正を行い、永久磁石式同期モータの特性を低下することなく運転することができる。

【0042】

【発明の効果】本発明により、電圧検出器を付加することなく、簡単な構成で正確に位相補正を行い、永久磁石式同期モータの特性を低下することなく運転することができる永久磁石式同期モータの制御装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】磁極位置に誤差がある場合の電流ベクトル図である。

【図2】本発明の位相補正の原理を表すベクトル図である。

【図3】本発明の永久磁石式同期モータの制御装置の一実施例を表すブロック図である。

【図4】本発明の実施例の位相補正回路の構成図である。

【図5】本発明の位相補正手順を表すフローチャートである。

【図6】本発明の永久磁石式同期モータの制御装置のエレベータへの適用例を表すブロック図である。

【図7】本発明の永久磁石式同期モータの制御装置の他の実施例を表すブロック図である。

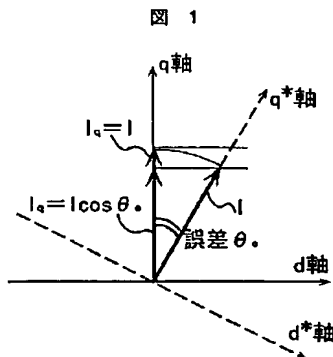
【図8】本発明の他の実施例の位相補正回路の構成図である。

【図9】本発明の他の位相補正手順を表すフローチャートである。

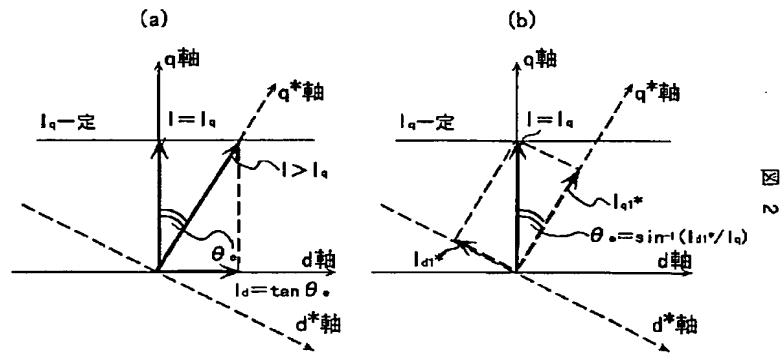
【符号の説明】

1…永久磁石式同期モータ、2…PWMインバータ、3…巻上機、8…磁極位置検出器、12…電流検出器、20…位相補正回路、21…位相補正演算回路。

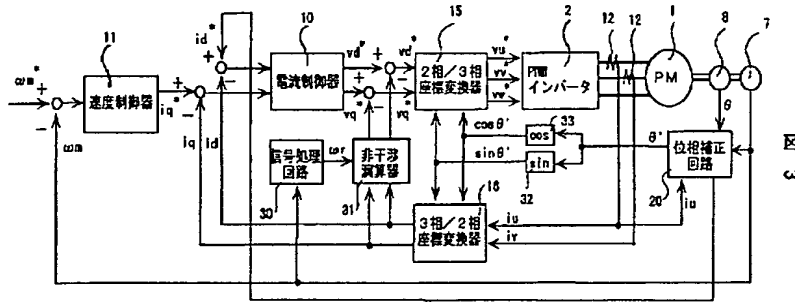
【図1】



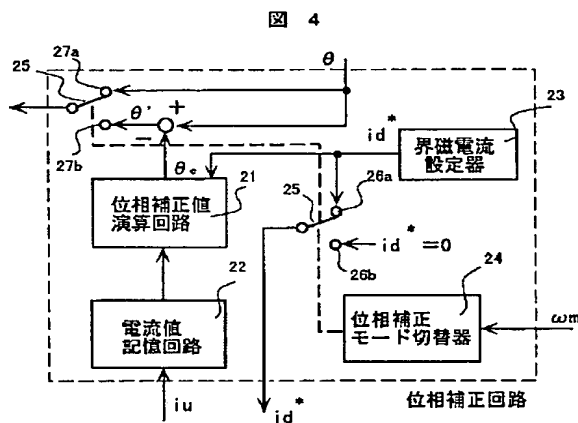
【図2】



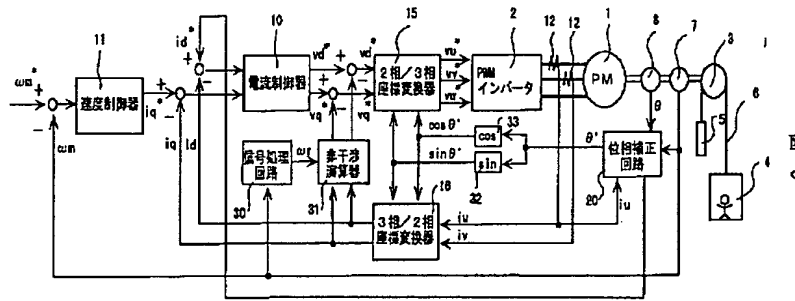
【図3】



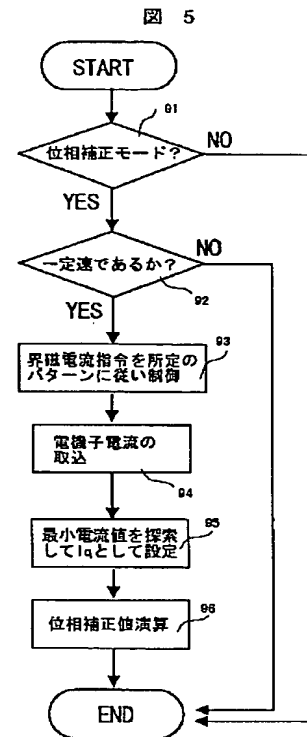
【図4】



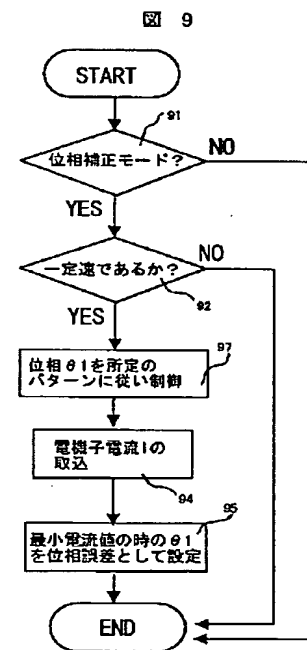
【図6】



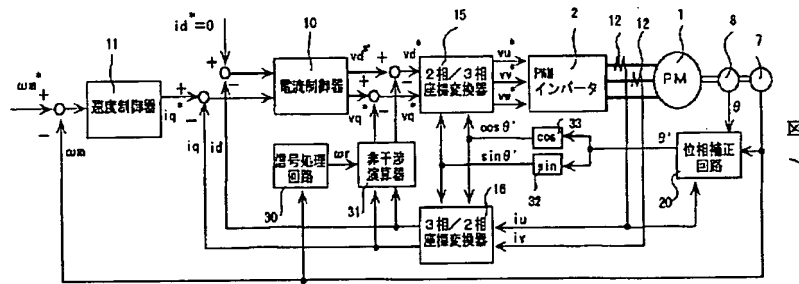
【図5】



【図9】

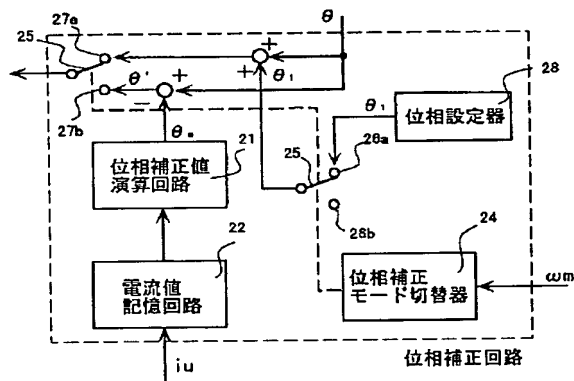


【図7】



【図8】

図 8



フロントページの続き

(72)発明者 二瓶 秀樹
茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会
社日立製作所水戸工場内
(72)発明者 長瀬 博
茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会
社日立製作所水戸工場内
(72)発明者 大沼 直人
茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会
社日立製作所水戸工場内

(72)発明者 鈴木 靖孝
東京都千代田区神田錦町一丁目6番地 株
式会社日立ビルシステム内
Fターム(参考) 3F002 CA06 CA10 EA05 EA08
5H560 AA10 BB04 BB12 DA02 DA07
DA10 DB07 DB20 DC01 DC03
DC12 EB01 JJ15 RR10 TT11
XA02 XA04 XA12 XA13 XA15